

(54) OPTICAL MATRIX SWITCH

(11) 2-179621 (A) (43) 12.7.1990 (19) JP

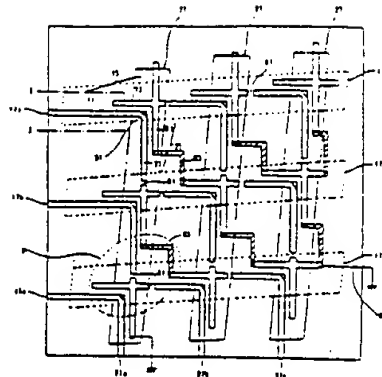
(21) Appl. No. 63-335451 (22) 29.12.1988

(71) OKI ELECTRIC IND CO LTD (72) TAKASHI USHIKUBO(2)

(51) Int. Cl.<sup>3</sup> G02F1/313, G02B6/12

**PURPOSE:** To improve the controllability by providing a cut part, where a part of a waveguide is removed until the surface of an optical guide layer is exposed, between each first directional coupler of an input waveguide and each second directional coupler of an output waveguide.

**CONSTITUTION:** Three input waveguides 17 constituted by connecting first directional couplers 15 having first waveguides 11 and second waveguides 13 in three stages and three output waveguides 27 constituted by connecting second directional couplers 25 having third waveguides 21 and fourth waveguides 23 in three stages are provided, and first waveguides 11 and fourth waveguides 23 are connected with total reflection corners 31 between them and second waveguides 13 and third waveguides 21 intersect to arrange input and output waveguides 17 and 27 in a matrix. Cut parts 61 are provided where parts of waveguides are removed in such degree to expose surfaces of optical guide layers that directional couplers 15 and 25 are electrically separated but optical waveguide is secured. Consequently, directional couplers are electrically separated by cut parts but optical waveguide is secured, and the light loss does not matter.



## ⑫ 公開特許公報(A) 平2-179621

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)7月12日

G 02 F 1/313  
G 02 B 6/12J 7348-2H  
7036-2H

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全7頁)

⑮ 発明の名称 光マトリクススイッチ

⑯ 特 願 昭63-335451

⑰ 出 願 昭63(1988)12月29日

⑱ 発 明 者 牛 窪 孝 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内  
⑱ 発 明 者 浅 林 一 成 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内  
⑱ 発 明 者 岡 山 秀 彰 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内  
⑲ 出 願 人 沖電気工業株式会社 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号  
⑳ 代 理 人 弁理士 大 垣 孝

## 明 細 書

## 1. 発明の名称 光マトリクススイッチ

## 2. 特許請求の範囲

(1) 第一導波路と第二導波路とを有する第一の方向性結合器をn段接続して構成した入力導波路をm本、及び、第三導波路と第四導波路とを有する第二の方向性結合器をm段接続して構成した出力導波路をn本具えると共に、前記第一導波路及び前記第四導波路を全反射コーナを介し接続しかつ前記第二導波路及び前記第三導波路を交差させて前記各入出力導波路をマトリクス化した光マトリクススイッチであって、前記各第一導波路乃至第四導波路を、基板上に順次に設けた下側クラッド層及び光ガイド層と、該光ガイド層の当該第一乃至第四導波路となる領域上に設けた上側クラッド層とを有するストリップ装荷型導波路で構成してある、化合物半導体から成る光マトリクススイッチにおいて、

m本の入力導波路各々の各第一方向性結合器間と、n本の出力導波路各々の各第二方向性結合器

間とに、各方向性結合器を電気的に分離しかつ光導波は確保出来る程度に当該導波路の一部を前記光ガイド層の表面が露出するまで除去した、切除部をそれぞれ設けたこと

を特徴とする光マトリクススイッチ。

(2) 請求項1に記載の光マトリクススイッチにおいて、前記電気的に分離された各第一方向性結合器及び各第二方向性結合器各々が有する2つの導波路にそれぞれ設けられた電極のうちの共通電極とされる電極間を接続する電極間接続部を具備したことを特徴とする光マトリクススイッチ。

## 3. 発明の詳細な説明

## (産業上の利用分野)

この発明は、光交換器における光マトリクススイッチに関するものである。

## (従来の技術)

光マトリクススイッチは、光交換機の重要な基本素子であり、このため、これに関する研究が従来から精力的になされている。

第3図は、この出願に係る出願人により特願昭

62-2552に提案されている光マトリクススイッチの一例に示した平面図である。

この光マトリクススイッチは、第一導波路11と第二導波路13とを有する第一の方向性結合器15をn段（この例では3段）接続して構成した入力導波路17をm本（この例では3本）、及び、第三導波路21と第四導波路23とを有する第二の方向性結合器25をm段（この例では3段）接続して構成した出力導波路27をn本（この例では3本）具えると共に、前記第一導波路11及び前記第四導波路23を全反射コーナ31を介し接続しかつ前記第二導波路13及び前記第三導波路21を交差させて前記各入出力導波路17, 27をマトリクス化したものであった。この光マトリクススイッチによれば、入力ポート17a, 17b, 17cと、出力ポート27a, 27b, 27cとの間に構成される光の多数の伝搬経路のいずれを用いる場合も光信号は全反射コーナを一回通過するのみで良い構造となっているため、各構成成分を公知のもので構成しても、光信号を伝搬させる際の損失を従来のものより低減することが出来

に対応する領域上にはp側電極51が、n型GaAs基板41の下側面にはn側電極53が設けられている。この構造においては、光は、上側クラッド層47、キャップ層49及びp側電極51で構成される2つの積層体55a, 55b（以下、第一のリップ55a、第二のリップ55bと称する。）の下側の光ガイド層部分内に同じ込められる。

また、この光マトリクススイッチの全反射コーナ31は、例えば第5図に示すように、第一導波路11及び第四導波路23が接続された部分のp型キャップ層51、p型AlGaAsクラッド層49、i型GaAs光ガイド層45及びn型AlGaAs下側クラッド層43のそれぞれの一部を、基板41の主面に対し垂直に除去した構造のもので構成出来る。

そして第4図及び第5図を用いて説明したような光マトリクススイッチを動作させる場合は、各々の方向性結合器の第一のリップ55aのp側電極51と、基板41裏面に設けたn側電極53との間、及び、各々の方向性結合器の第二のリップ55bのp側電極51と、第一のリップ55aのp側電極51との間

た。

で、第3図に示したような光マトリクススイッチの各導波路を、化合物半導体材料例えばGaAs/AlGaAs系材料を用いたストリップ装荷型の導波路で構成しようとした場合、その構造は例えば以下に説明するようなものになる。第4図及び第5図はその説明に供する図であり、第4図は第3図におけるI-I線相当位置での断面図、第5図は全反射コーナ31付近を拡大して示した斜視図である。但し、第4図においては図面が複雑化することを回避するため断面を示すハッチングは省略してある。

第4図において、41は第一導電型（この例ではn型）のGaAs基板である。このn型GaAs基板41上にはn型AlGaAs下側クラッド層43及びi型GaAs光ガイド層45がこの順で設けられており、さらに、この光ガイド層45の第一導波路11及び第二導波路13となる領域上にはp型AlGaAs上側クラッド層47及びp型GaAsキャップ層49がこの順で設けられている。また、p型GaAsキャップ層49の方向性結合器

に、それぞれ電圧 $V_{51}$ を印加することになる。

（発明が解決しようとする課題）

しかしながら、第3図を用いて説明した光マトリクススイッチに、第4図及び第5図を用いて説明したような化合物半導体材料を用いたストリップ装荷型導波路構造を適用した場合、各方向性結合器は、リップ55a, 55bのどこかのキャップ層49及び上側クラッド層47によって互いに接続されてしまう。従って、この光マトリクススイッチに第4図に示したように電圧を印加して動作させると、全ての方向性結合器に同一電圧が印加されてしまうことになり、各方向性結合器を個別に制御し動作させることが出来ないという問題点があった。

この発明はこのような点に鑑みなされたものであり、従ってこの発明の目的は、化合物半導体材料から成りストリップ装荷型導波路を用いた光マトリクススイッチであって制御性の優れた光マトリクススイッチを提供することにある。

（課題を解決するための手段）

この目的の達成を図るため、この発明によれ

ば、第一導波路と第二導波路とを有する第一の方向性結合器を $n$ 段接続して構成した入力導波路を $m$ 本、及び、第三導波路と第四導波路とを有する第二の方向性結合器を $m$ 段接続して構成した出力導波路を $n$ 本具備すると共に、前述の第一導波路及び前述の第四導波路を全反射コーナを介し接続しかつ前述の第二導波路及び前述の第三導波路を交差させて前述の各入出力導波路をマトリクス化した光マトリクススイッチであって、前述の各第一導波路乃至第四導波路を、基板上に順次に設けた下側クラッド層及び光ガイド層と、該光ガイド層の当該第一乃至第四導波路となる領域上に設けた上側クラッド層とを有するストリップ装荷型導波路で構成してある、化合物半導体から成る光マトリクススイッチにおいて、

$m$ 本の入力導波路各々の各第一方向性結合器間と、 $n$ 本の出力導波路各々の各第二方向性結合器間とに、各方向性結合器を電氣的に分離しかつ光導波は確保出来る程度に当該導波路の一部を前記光ガイド層の表面が露出するまで除去した、切縁

それぞれ設けたことを特徴とする。

た、この発明の実施に当たり、前述の切縁部によって電氣的に分離された各第一方向性結合器及び各第二方向性結合器各々が有する2つの導波路にそれぞれ設けられた電極のうちの共通電極とされる電極間を接続する電極間接続部を具えた構成とするのが好適である。

#### (作用)

このような構成によれば、切縁部は上側クラッド層をさむこれより上の層(例えばキャップ層や $p$ 側電極)が無い構造になるので、光マトリクススイッチの各方向性結合器はそれぞれ電氣的に分離される。しかし、切縁部での上側クラッド層の不連続部分は光導波は確保される程度にわずかなものであるし、光ガイド層は切縁部においても残っているので、光損失は実質的に問題とならない。従って、第4図を参照して説明すれば、各方向性結合器はそれぞれの第二のリップ55bの $P$ 側電極51と第一のリップ55aの $P$ 側電極51との間に電圧 $V_{gs}$ を印加するかしないかによってクロス状態か

バー状態かをとるようになるので、各方向性結合器を個別に動作させることが出来るようになる。

また、電極間接続部によって各方向性結合器の共通電位とされる電極が順次接続されてゆくので、個々の方向性結合器にそれぞれ共通電極用配線を設ける必要がなくなる。

#### (実施例)

以下、図面を参照してこの発明の光マトリクススイッチの実施例につき説明する。しかしながら以下の説明に用いる各図は、この発明が理解出来る程度に概略的に示してあるにすぎず、従って、各構成成分の寸法、形状、配置関係及び各構成成分間の寸法比等も概略的であり、この発明が図示例のみに限定されるものでないことは理解されたい。また、以下の実施例を、入力導波路数 $m$ を3とし出力導波路数 $n$ を3とした、 $3 \times 3$ の光マトリクススイッチにこの発明を適用した例で説明する。また、光マトリクススイッチを作製する材料としては従来と同様に $AlGaAs/GaAs$ 系の化合物半導体を用いた。

第1図及び第2図は、実施例の光マトリクススイッチの説明に供する図であり、第1図は全体構成を模式的に示した平面図、第2図は第1図に $P$ で示した部分を拡大して示した斜視図である。なお、各図において従来の構成成分と同様な構成成分については、同一の符号を付して示してある。また、図面が複雑化することを回避するため、図中の同様な構成成分については番号付けを一部省略してある。

この実施例の光マトリクススイッチは、第1図の平面図に示すように、第一導波路11と第二導波路13とを有する第一の方向性結合器15を3段接続して構成した入力導波路17を3本、及び、第三導波路21と第四導波路23とを有する第二の方向性結合器25を3段接続して構成した出力導波路27を3本具備すると共に、第一導波路11及び第四導波路23を全反射コーナ31を介し接続しかつ第二導波路13及び前記第三導波路23を交差させて各入出力導波路17,27をマトリクス化してある。そして、各第一導波路～各第四導波路を、第4図を用いて既に

説明した  $n$  型 GaAs 基板 41 上に順次に設けた  $n$  型 Al GaAs 下側クラッド層 43 及び  $i$  型 GaAs 光ガイド層 45 と、この光ガイド層 45 の当該第一乃至第四導波路となる領域上に順次に設けた  $p$  型 Al GaAs 上側クラッド層 47 及び  $p$  型 GaAs キャップ層 49 とから成るストリップ装荷型導波路で構成してある。また、各方向性結合器の 2 つの導波路の  $p$  型 GaAs キャップ層 49 上には  $p$  側電極 51 がそれぞれ設けてあり、 $n$  型 GaAs 基板 41 の下側面には  $n$  側電極 53 が設けてある。

さらに、この光マトリクススイッチでは、第 1 図及び第 2 図に示すように、3 本の入力導波路各々の各第一方向性結合器間と、3 本の出力導波路各々の各第二方向性結合器間とに、各方向性結合器を電気的に分離しかつ光導波は確保出来る程度に当該導波路の一部を前記光ガイド層の表面が露出するまで除去した、切除部 61 をそれぞれ設けてある。この実施例の各導波路の  $i$  型 GaAs 光ガイド層 45 上には、 $p$  型 Al GaAs 上側クラッド層 47、 $p$  型 GaAs キャップ層 49 及び  $p$  側電極 51 が積層してある

路 13 の  $p$  側電極 51 $y$  との間を第 1 図及び第 2 図に斜線を付して示すような電極間接続部 63 によって接続してある。そして、この電極間接続部 63 は最終的には配線電極 65 (第 1 図参照) によって  $n$  側電極と接続し共通電極としてある。従って、電極間接続部 63 と、各方向性結合器の共通電極とされる側の  $p$  側電極とによって各方向性結合器の共通電位とされる電極同志が順次接続されてゆくの、個々の方向性結合器にそれぞれ共通電極用配線を設ける必要がなくなるという効果が得られる。

なお、この発明は上述した実施例のみに限定されるものではなく以下に説明するような種々の変更を加えることが出来る。

例えば実施例の光マトリクススイッチでは、導波路をキャップ層 49 を有したものとして説明している。しかしキャップ層 49 を除去して構成したストリップ装荷型の導波路でも実施例と同様な効果を得ることが出来る。この場合の切除部 61 は、上側クラッド層 47 の一部を光ガイド層 45 の表面が露

出した切除部 61 は、導波路の  $p$  側電極 51、 $p$  型 GaAs キャップ層 49 及び  $p$  型 Al GaAs 上側クラッド層 47 のそれぞれの一部を光ガイド層 45 表面が露出するまで除去することで形成している。ここで、各方向性結合器を電気的に分離しかつ光導波は確保出来る程度の切除部 61 は、切除する部分の寸法  $l$  (第 2 図参照) を、導波路の幅  $W$  (第 2 図参照) 即ち上側クラッド層 47 等で構成される第 4 図に示したリブ 55a, 55b の幅に比し小さい値とすることで得られる。寸法  $l$  の具体的な値は光マトリクススイッチの設計に応じ決定する。

また、この実施例の光マトリクススイッチにおいては、切除部 61 によって電気的に分離された各第一方向性結合器 15 及び各第二方向性結合器 25 各々が有する 2 つの導波路の上にそれぞれ設けられる  $p$  側電極 51 のうちの、基板 41 に接続され共通電極とされる  $p$  側電極 51 (第 4 図参照) 間、第 2 図を参照して具体的に説明すれば第二の方向性結合器 25 の第三導波路 21 の  $p$  側電極 51 $x$  と、これより出力側にある第一の方向性結合器 15 の第二の導波

路 13 の  $p$  側電極 51 $y$  との間を第 1 図及び第 2 図に斜線を付して示すような電極間接続部 63 によって接続してある。そして、この電極間接続部 63 は最終的には配線電極 65 (第 1 図参照) によって  $n$  側電極と接続し共通電極としてある。従って、電極間接続部 63 と、各方向性結合器の共通電極とされる側の  $p$  側電極とによって各方向性結合器の共通電位とされる電極同志が順次接続されてゆくの、個々の方向性結合器にそれぞれ共通電極用配線を設ける必要がなくなるという効果が得られる。

また、上述した実施例は  $3 \times 3$  の光マトリクススイッチの例を説明しているが、これは単なる一例にすぎず、入出力導波路の数  $m$ 、 $n$  をそれぞれ異なる数にした場合でも、また、入出力導波路の数を同数のまま他の数に変更した場合でも、この発明を適用出来ること明らかである。

また、上述した実施例では、 $n$  型 GaAs 基板を用いた例で説明しているが、基板を  $p$  型のものとし各半導体層を実施例とは反対の導電型としても勿論良い。また、光ガイド層は  $i$  型に限られるものではなく  $p$  型でも  $n$  型でも良い。さらに、光マトリクススイッチの構成材料を、InGaAsP/InP 系等の他の材料としても良い。

#### (発明の効果)

上述した説明からも明らかなように、この発明の光マトリクススイッチによれば、切除部によって各方向性結合器はそれぞれ電気的に分離される。また、切除部での上側クラッド層の不連続部分は光導波は確保される程度にわずかなものであ

るし、下層は切除部においても残っている  
ので、欠陥は実質的に問題とならない。従っ  
て、化合物半導体材料から成りストリップ装荷型  
導波路を用いた光マトリクススイッチであっても  
各方向性結合器を個々に駆動制御出来る。

また、電極間接続部と、各方向性結合器の一方  
の導波路上のp側電極とによって各方向性結合器  
の共通電位とされる電極同志が順次接続されてゆ  
くので、個々の方向性結合器にそれぞれ共通電極  
用配線を設ける必要がなくなるという効果が得ら  
れる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、実施例の光マトリクススイッチの説  
明に供する平面図、

第2図は、実施例の光マトリクススイッチの一  
部を拡大して示した斜視図、

第3図は、従来の光マトリクススイッチの説  
明に供する平面図、

第4図は、従来及びこの発明の説明に供する図  
であり、第1図及び第3図に示した光マトリクス

の同図の1-1線相当位置での部分的断

第5図は、全反射コーナの説明に供する斜視図  
である。

11-第一導波路、 13-第二導波路

15-第一の方向性結合器

17-入力導波路

17a, 17b, 17c-入力ポート

21-第三導波路、 23-第四導波路

25-第二の方向性結合器

27-出力導波路

27a, 27b, 27c-出力ポート

31-全反射コーナ

41-基板(n型GaAs基板)

43-下側クラッド層(n型AlGaAs層)

45-光ガイド層(i型GaAs層)

47-上側クラッド層(p型AlGaAs層)

49-キャップ層(p型GaAs層)

51, 55x, 55y-p側電極、 53-n側電極

55a-第一のリブ、 55b-第二のリブ

61-導波路の切除部、 63-電極間接続部

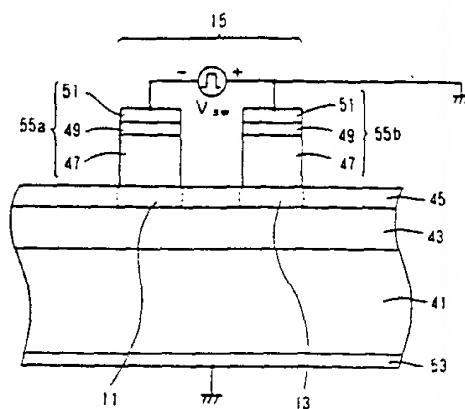
65-配線電極。

特許出願人

沖電気工業株式会社

代理人 井理士

大垣 孝

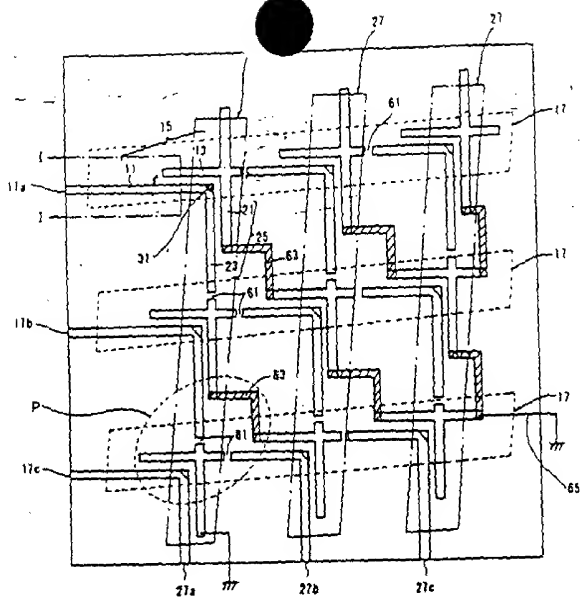


41: 基板(n型GaAs基板)  
43: 下側クラッド層(n型AlGaAs層)  
53: n側電極  
55a: 第一のリブ  
55b: 第二のリブ

従来及びこの発明の説明に供する図

#### 第4図

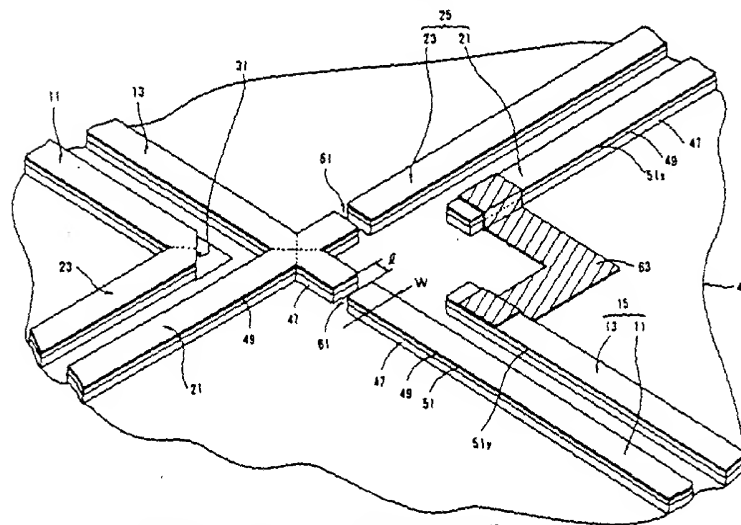
- 11: 第一導波路
- 13: 第二導波路
- 15: 第一の方向性結合器
- 17: 入力導波路
- 17a, 17b, 17c: 入力ポート
- 21: 第三導波路
- 23: 第四導波路
- 25: 第二の方向性結合器
- 27: 出力導波路
- 27a, 27b, 27c: 出力ポート
- 31: 全反射コーナ
- 61: 導波路の切替部
- 63: 電極間接続部
- 65: 配線電極



実施例の光マトリクススイッチの説明に供する平面図

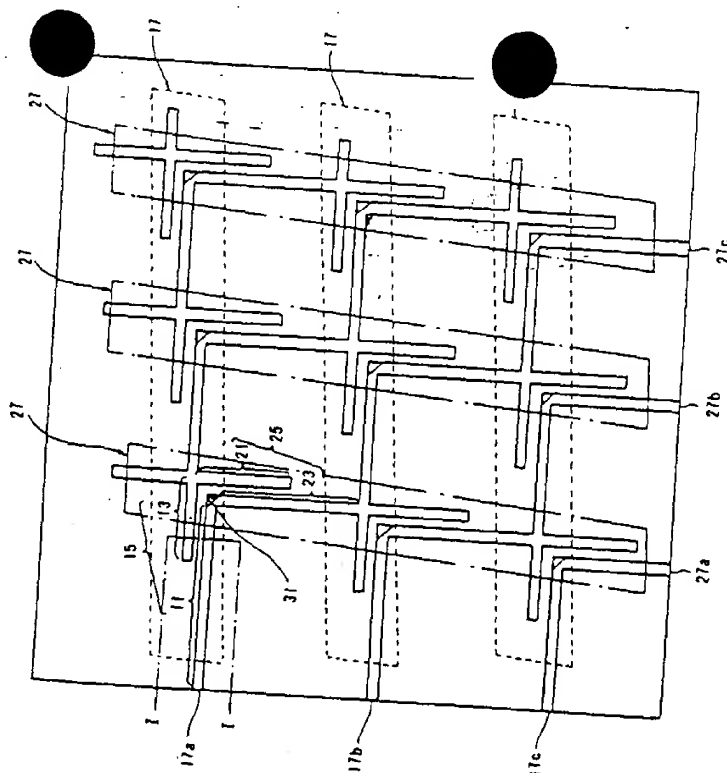
第1図

- 45: 光ガイド層 (I 型GaAs層)
- 49: キャップ層 (P 型GaAs層)
- 47: 上側クラッド層 (D 型A 2 GaAs層)
- 51, 51x, 51y: D 電極



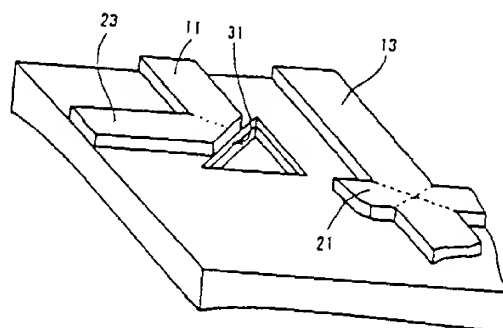
実施例の光マトリクススイッチの一部を拡大して示した斜視図

第2図



従来の光マトリクススイッチの説明に供する平面図

第 3 図



全反射コーナーの説明に供する斜視図

第 5 図